

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) им. Н.М. Кижнера

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка составов и технологических параметров получения лицевого кирпича объемного окрашивания

УДК 666.714-1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г7А	Новгородцева Алина Игоревна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Вакалова Татьяна Викторовна	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина Вероника Анатольевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
18.03.01 Химическая технология	Ревва И.Б.	К.Т.Н., доцент		

Планируемые результаты освоения ООП
Технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в

	соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность наладывать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
Профессиональные компетенции университета	
ДПК(У)-1	Способность планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки (специальность) 18.03.01 Химическая технология
Отделение школы (НОЦ) им. Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ И.Б.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4Г7А	Новгородцева Алина Игоревна

Тема работы:

Разработка составов и технологических параметров получения лицевого кирпича объемного окрашивания	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 28-12/с от 28.01.21

Срок сдачи студентом выполненной работы:	7.06.21.
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные литературного обзора

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Аналитический обзор литературных данных, постановка цели и задач исследования; выбор и описание методов исследования, экспериментальные исследования для получения керамического материала на основе природного сырья; анализ полученных результатов и оценка дальнейших перспектив развития работы
Перечень графического материала)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Литературный обзор; основные методы исследования; экспериментальная часть	Вакалова Татьяна Викторовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина Вероника Анатольевна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	02.02.2021
--	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ Н.М.Кижнера	Вакалова Т.В.	Профессор, д.т.н.		02.02.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г7А	Новгородцева Алина Игоревна		02.02.2021

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4Г7А	Новгородцевой Алине Игоревне

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	им. Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование – 2900 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Премиальный и районный коэффициенты, коэффициент доплат и надбавок, заработная плата по тарифной ставке, налог на отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Структура работ научного исследования, трудоёмкость проведения работ, разработка графика проведения исследования, расчет материальных затрат, амортизационных отчислений и основной и дополнительной заработных плат, накладные расходы, отчисления во внебюджетные фонды, формирование бюджета
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Интегральный показатель ресурсоэффективности


Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ

4. График проведения и бюджет НИИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	08.02.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина В.А.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г7А	Новгородцева Алина Игоревна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Г7А	Новгородцева Алина Игоревна

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	НОЦ Н.М.Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»


Тема ВКР:

Разработка составов и технологических параметров получения лицевого кирпича объемного окрашивания	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: глины различных месторождений с добавками</p> <p>Область применения: производство лицевого керамического кирпича</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.2.100-97 Машины и оборудование для производства глиняного и силикатного кирпича, керамических и асбестоцементных изделий. Общие требования безопасности – ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования – ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности. – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. – ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Трудовой кодекс Российской Федерации
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенный уровень шума; – загрязненность воздуха рабочей зоны – повышенный уровень вибраций <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – движущиеся машины и механизмы, подвижные части

	производственного оборудования
3. Экологическая безопасность:	Атмосфера: выброс газов и пыли Гидросфера: образование сточных вод Литосфера: отходы упаковки, пыль, складские запасы сырья
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Возможные ЧС: наводнения, лесные пожары, взрывы и возгорания газообразного и жидкого топлива при обжиге, землетрясения – Наиболее типичная ЧС: наводнение

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	8.02.2021
--	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г7А	Новгородцева Алина Игоревна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 118 страниц, 29 рисунков, 36 таблиц, 28 источников.

Ключевые слова: строительная керамика, объемное окрашивание, легкоплавкое глинистое сырье, пластичное формование, оксидные окрашивающие добавки.

Объектом исследования являются: легкоплавкая глина Воронинского месторождения, тугоплавкие глины Уярского и Кайлинского месторождений.

Цель работы – Исследование влияния красящих добавок на изменение цвета и свойств керамических образцов.

В процессе исследования проводились эксперименты по выявлению оптимального количества красящих оксидов на формирование окраски керамических образцов.

В результате исследования изучено комплексное влияние используемых красящих добавок на формирование физико-механических и декоративных свойств образцов пластичного формования.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: прочность на сжатие, водопоглощение, воздушная и огневая усадка керамических образцов.

Степень внедрения: НИОКР.

Область применения: производство строительной керамики.

Экономическая эффективность/значимость работы: использование технологии объемного окрашивания керамики на базе местных глин позволяет получить качественный материал без дефектов и без увеличения себестоимости.

В будущем планируется разработка составов для получения керамики заданного цвета и параметров.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	14
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	16
1.1 Характеристика сырьевых материалов для получения строительной керамики.....	16
1.1.1 Характеристика глинистого сырья для получения керамического кирпича.....	17
1.1.2 Особенности химико-минералогического и зернового составов глинистого сырья	22
1.1.3 Характеристика технологических свойств легкоплавкого глинистого сырья.....	24
1.2 Характеристика непластичного сырья в технологии керамического кирпича.....	31
1.3 Особенности технологии строительной керамики отделочного назначения	36
1.4 Физико-химические процессы, протекающие при нагревании керамических масс для получения лицевого керамического кирпича.....	41
1.5 Способы улучшения декоративных свойств отделочной стеновой керамики.....	44
1.6 Способы регулирования цвета керамических масс для получения объемноокрашенного керамического кирпича	45
2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	48
2.1 Определение воздушной усадки глин.....	48
2.2 Определение спекаемости глин	50
2.3 Определение водопоглощения обожженных изделий	53
2.4 Определение предела прочности при сжатии глиняных образцов после обжига	55
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	57

3.1 Исследование химико-минералогического состава исходного глинистого сырья	57
3.1.1 Гранулометрический состав исследуемого сырья	58
3.1.2 Химический состав исследуемых глинистых пород	59
3.1.3 Диагностика минералогического состава исследуемых глин рентгеновским методом	62
3.2. Исследование технологических свойств глинистого сырья	65
3.2.1. Пластические свойства исследуемых глин	65
3.2.2 Поведение исследуемых глин в сушке	66
3.2.3 Поведение исследуемых глин в обжиге	68
3.3 Исследование влияния красящих добавок на формирование цвета в объеме керамики на основе легкоплавкого глинистого сырья	71
3.3.1. Способ введения красящих добавок, подготовка сырьевых материалов и формование образцов	72
3.3.2 Физико-механических свойства керамических образцов	78
ВЫВОДЫ	82
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	84
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований	84
4.2 Анализ конкурентных технических решений	85
4.3 SWOT-анализ	86
4.4 Планирование научно-исследовательской работы	88
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	88
4.4.2 Определение трудоёмкости проведения работ	89
4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования	90
4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	94
4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ	94
4.5.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	95

4.5.3 Расчет амортизационных отчислений	95
4.5.4 Расчет основной заработной платы	96
4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	98
4.5.6 Накладные расходы	99
4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	99
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	100
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	102
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	103
5.2 Производственная безопасность	105
5.3 Экологическая безопасность.....	111
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	113
Заключение	116
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	119

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все чаще появляются на рынке новые строительные изделия, но, тем не менее, керамический кирпич остается, и будет оставаться востребованным еще долгое время, ведь он обладает набором уникальных свойств, которые сложно воспроизвести в каком-либо другом строительном материале. Это такие свойства как доступность сырья, простая технология изготовления, относительная небольшая стоимость, экологичность, надежность, простота в эксплуатации и некоторые другие. Керамический кирпич можно использовать как для кладки обычных стен, так и для облицовки зданий и других конструкций.

Требования, которые необходимо соблюдать при производстве керамического кирпича, прописаны в нормативном документе. Также самим изделиям необходимо проходить испытания, для определения пригодности изделия и его марки. Это такие испытания как прочность, водопоглощение, воздушная усадка, морозостойкость и другие. Для лицевых изделий отдельно оговариваются форма и размер кирпича, наличие трещин и сколов на поверхности, однородность цвета.

Почти все керамические кирпичи имеют одинаковые цвета: красный, белый, желтый. Увеличение цветовой гаммы данного строительного материала – это задача многих предприятий, так как тенденции современного мира развиваются, и видеть однообразные здания уже скучно и неинтересно. Актуальным является и получение керамического кирпича темного или даже черного цвета. Для его получения необходимо подобрать вещества, которые можно было бы добавить в существующее сырье и при этом получить кирпич нужного нам оттенка и не потерять его технических характеристик.

Для облегчения решения данной задачи можно использовать легкоплавкие глины и суглинки, в которых большое содержание примесей и чаще всего при обжиге такие глины меняют свой цвет. Например в красножгущихся легкоплавких глинах довольно большое содержание оксида железа, благодаря чему они после обжига приобретают красный оттенок.

В настоящее время уже разработаны некоторые способы для окрашивания керамического кирпича. Они бывают поверхностные и объемные. Поверхностные методы зачастую недолговечны, так как окрашиваемая поверхность повреждается, истирается или портится другим способом. Объемный способ отличается тем, что в сырье в процессе производства добавляют окрашивающие вещества, которые придают готовым изделиям цвет. При этом окрашенным оказывается весь кирпич, и при эксплуатации не является недолговечным. Более того такой кирпич может приобрести еще лучшие технологические свойства. Таким образом, исследование влияния красящих добавок на глинистые вещества является актуальным и интересным проектом.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Характеристика сырьевых материалов для получения строительной керамики

Для производства керамических изделий необходимы сырьевые материалы. Они подразделяются на основные и вспомогательные. К основным сырьевым материалам относятся материалы пластичные (глинистые), непластичные (отошающие, плавни), глазури и керамические краски.

Существуют также добавки, которые вводят в глину с целью регулирования свойств формовочной массы. Они бывают: отошающие, порообразующие, пластифицирующие, плавни.

Отошающие добавки предотвращают появление в процессе тепловой обработки трещин и деформаций.

Порообразующие добавки обеспечивают повышенную пористость, снижение средней плотности и коэффициента теплопроводности изделий.

Пластифицирующие добавки применяют для улучшения формовочных свойств смесей.

Плавни вводят в состав смеси с целью снижения температуры спекания глинистой массы.

Глина, бентонит и каолин – это пластичные материалы, которые образуют при смешивании с водой керамическую массу и проявляют способность принимать ту или иную форму изделия под действием внешних сил и сохранять ее после сушки и обжига.

Технические требования к глинистому сырью определены ОСТ 2178-88, классификация сырья дана в ГОСТ 9169-75 [1].

1.1.1 Характеристика глинистого сырья для получения керамического кирпича

К глинистым материалам относятся глины и каолины. Согласно ГОСТ 9169-75 глинистое сырье представляет собой горные породы, состоящие в основном из глинистых минералов (каолинит, монтмориллонит, гидрослюда) [2].

Глинистое сырье представляет собой тонкодисперсные горные породы осадочного происхождения, которые являются продуктами разрушения горных пород под влиянием воды. Продукты, которые остаются после разрушения называют первичными. Так как в них попадает меньше примесей, то они более качественные. Вторичные – это продукты разрушения, которые уносятся водой и отлагаются в новом месте.

С технической точки зрения горные землистые породы, которые при затворении водой способны образовывать пластичное тесто, в высушенном состоянии которое обладает небольшой прочностью (связностью), а после обжига приобретает свойства подобные камню.

Согласно ГОСТ 9169-75 глинистое сырье классифицируют [3]

- по огнеупорности;
- по содержанию Al_2O_3 ;
- по содержанию красящих оксидов (Fe_2O_3 , TiO_2);
- по содержанию водорастворимых солей;
- по минеральному составу;
- по содержанию тонкодисперсных фракций;
- по содержанию крупнозернистых включений;
- по пластичности;
- по механической прочности на изгиб в сухом состоянии;
- по спекаемости;
- по содержанию свободного кремнезема.

Глинистое сырье может состоять из различных глинистых минералов:

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – каолинит;

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – галлуазит;

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – монтмориллонит;

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – бейделлит и др. [4]

Соединения, которые могут сопутствовать глине: кварцы SiO_2 , полевой шпат, серный колчедан FeS_2 , гидрослюда железа, карбонаты Ca и Mg (понижают огнеупорность глины), соединения титана, ванадия, органические примеси, гематит Fe_2O_3 , магнетит $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, лимонит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (\approx до 7 %) [4].

Кристаллическая структура глинистых минералов образована пакетами, состоящими из тетраэдрических и октаэдрических слоев. Тетраэдрические слои состоят из кремнекислородных тетраэдров (в центре тетраэдра – атом кремния, в вершинах – атомы кислорода). Октаэдрические слои состоят из алюмокислородных октаэдров (в центре октаэдра – алюминий, в вершинах – атомы кислорода и гидроксильные группы). Число слоев определяет, будут глинистые минералы двуслойными (пакет состоит из одного тетраэдрического и одного октаэдрического слоев) или трехслойными (пакет состоит из двух тетраэдрических слоев и одного октаэдрического слоя, располагающегося между ними) (рисунок 1.1) [5].

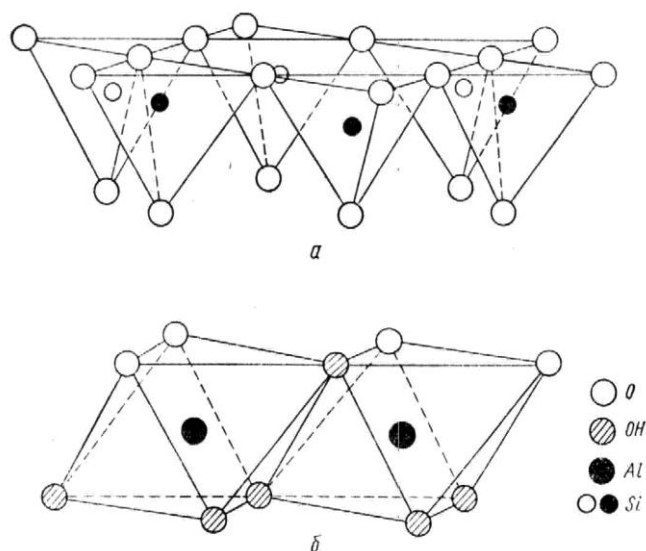


Рисунок 1.1 – Тетраэдрический (а) и октаэдрический (б) слои в кристаллической структуре слоистых силикатов

Каолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Основу кристаллической структуры каолинита составляют связанные в листы кремнекислородные тетраэдры ($\text{Si} - \text{O}_4$), имеющие три общих кислорода и связанные через свободные вершины попарно с алюминием и гидроксидом (рисунок 1.2) [6].

Каолинит имеет довольно плотное расположение молекул друг относительно друга при небольшом межплоскостном расстоянии 7,2 Å. Такое расстояние говорит о наличии водородных связей. Вследствие плотного расположения молекул значительное количество жидкости не может проникнуть область между слоями и долго там находится, поэтому при дегидратации каолинитовых глин жидкость быстро удаляется. Частицы каолинита имеют размер 0,003 – 0,001 мм [1]. Основные минералы каолинитовых глин – каолинит, диккит и накрит. Данный минерал не очень чувствителен к сушке, плохо набухает и обладает маленькой адсорбционной способностью и числом пластичности.

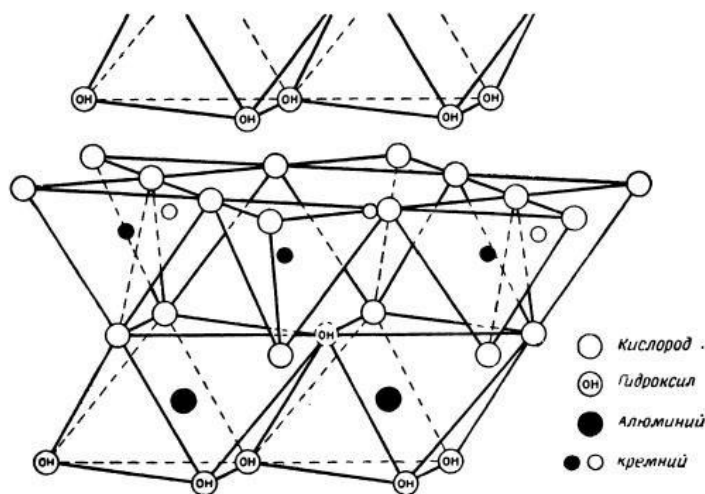


Рисунок 1.2 – Кристаллическая структура каолинита

Монтмориллонит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). В его кристаллической структуре поверхности пакетов, которые расположены рядом друг с другом, сложены атомами кислорода, поэтому водородные связи там образовываться не могут, следовательно, межплоскостная связь слабая (рисунок 1.3). Величина расстояния между пакетами составляет – 9,6-21,4 Å, или даже больше, при набухании глины [7].

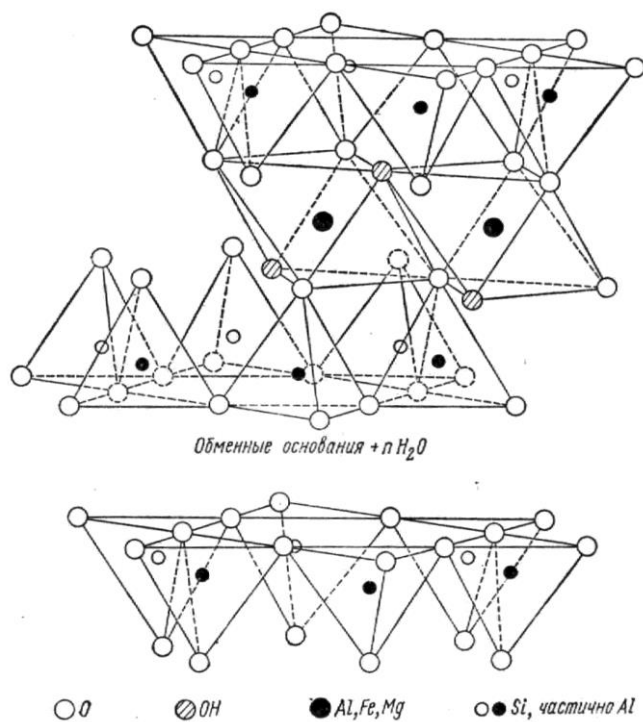


Рисунок 1.3 – Кристаллическая структура монтмориллонита [5]

Подвижная решетка монтмориллонита способна поглощать большое количество воды и прочно ее удерживать. При сушке поглощенная вода трудно отдается, а при увлажнении глина сильно набухает и может увеличиваться в объеме до 16 раз. Размеры частиц монтмориллонита много меньше 1 мк ($< 0,001$ мм). Монтмориллонит наиболее высокую дисперсность среди всех глинистых минералов, наибольшую набухаемость, пластичность, связность и высокую чувствительность к сушке и обжигу. Основными представителями монтмориллонитовой группы являются: монтмориллонит, нонтронит, бейделит [5].

Галлуазит – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Глинистый минерал, который включает в себя галлуазит, ферригаллуазит и метагаллуазит, а также является частым спутником в каолинитах и каолинистых глинах. Галлуазит по обладает большей дисперсностью, пластичностью и адсорбционной способностью, чем каолинит.

Гидрослюды, в число которых входят иллит, гидромусковит, глауконит и др. являются продуктом разной степени гидратации слюд. В

больших количествах они встречаются в легкоплавких глинах, а в небольших в огнеупорных и тугоплавких глинах [1].

Иллит (гидрослюда) – $K_2O \cdot MgO \cdot 4Al_2O_3 \cdot 7SiO_2 \cdot 2H_2O$. Появляется в результате многолетней гидратации слюд. Кристаллическая решетка иллита сходна с монтмориллонитом (рисунок 1.4). Но, в отличие от него, основные изоморфные замещения происходят в тетраэдрических слоях. Близ поверхности пакета расположен избыточный отрицательный заряд, поэтому соседние пакеты прочно связываются с помощью катионов K^+ за счет возникновения ионных и электростатических сил, так что у молекул воды нет возможности проникать между пакетами и вызывать межплоскостное набухание. Из-за гетеровалентного изоморфизма внешние грани гидрослюд имеют некомпенсированный отрицательный заряд. В этом отличие иллита от каолинита. По интенсивности связи с водой гидрослюды занимают промежуточное положение между монтмориллонитом и каолинитом [5]. Размеры частиц гидрослюды порядка 1 мк ($\sim 0,001$ мм).

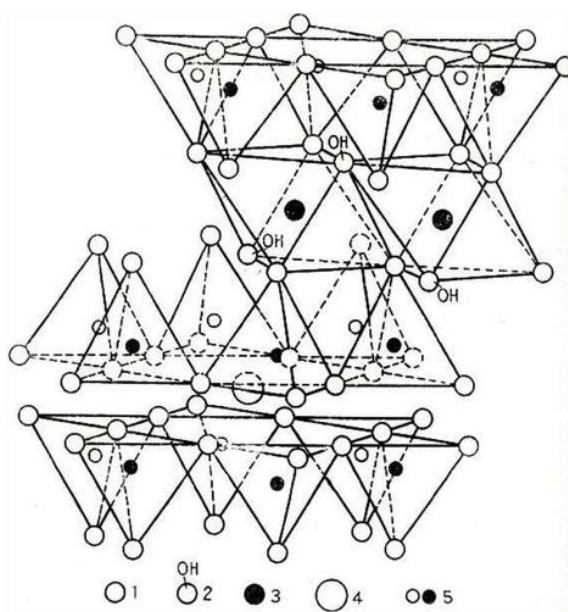


Рисунок 1.4 – Кристаллическая решетка мусковита

В зависимости от количественного преобладания того или иного глинистого минерала различают глины каолиновые, монтмориллонитовые, гидрослюдистые и т.п.

Пригодность глины для кирпича определяют, исходя из рациональной характеристики, химического состава, минеральнопетрографической характеристики и показателей технологических свойств. [1].

1.1.2 Особенности химико-минералогического и зернового составов глинистого сырья

Процентное содержание зерен в глинистой породе различной величины называется гранулометрическим (зерновым) составом глин.

Чаще всего при производстве изделий грубой керамики используют трехчленную классификацию глин (по Рутковскому). В соответствии с данной классификацией к глинистой части относят фракцию менее 5 мкм, к пылеватой – от 5 мкм до 50 мкм, к песчаной – от 50 мкм до 2 мм. Зерна более 2 мм считаются включениями [8].

Классификация по Рутковскому дает возможность изображать гранулометрический состав глинистой породы графически при помощи треугольной диаграммы (рисунок 1.5).

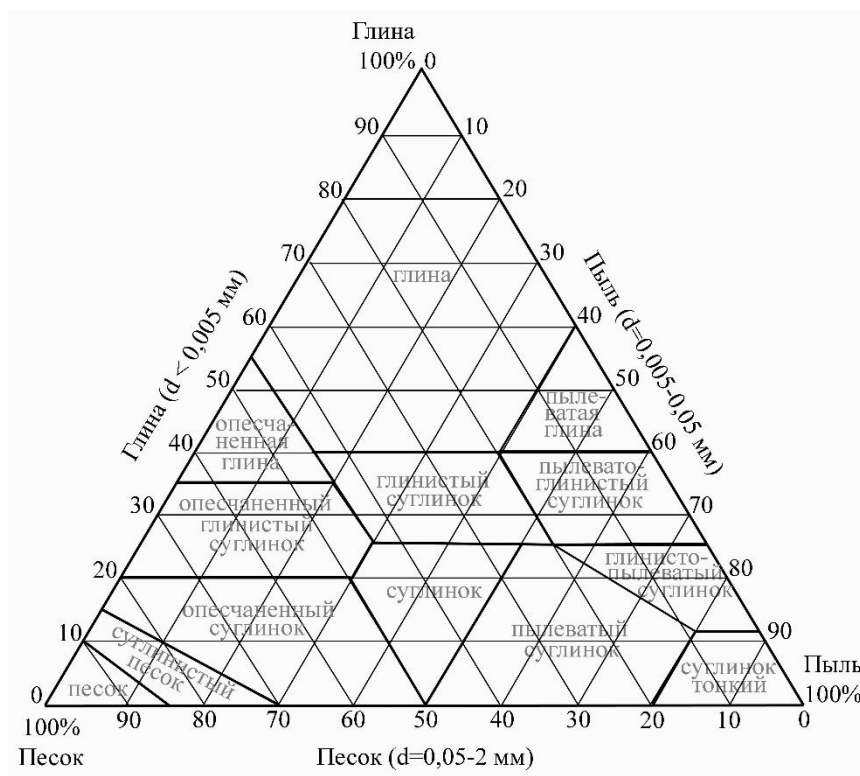


Рисунок 1.5 – Треугольная диаграмма гранулометрического состава глин

Данная диаграмма представляет собой равносторонний треугольник, вершина каждой грани которого соответствует 100%-ному содержанию одной из фракции (глинистой, пылевидной, песчаной), а каждая сторона является геометрическим местом точек соответствующих двухкомпонентных составов (глина — песок, глина— пыль, пыль — песок). Внутри диаграммы, соответственно, располагаются все трехкомпонентные составы глины. Против вершин с убывающим содержанием фракции располагаются параллельные эквидистантные линии, соответствующие изучаемой вершине [8].

Изображать результаты, используя треугольную диаграмму, весьма удобно, так как по изображению можно производить систематический контроль гранулометрического состава глины, поступающей на производство.

Основные оксиды, которые принимают участие в химическом составе глин: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O , Na_2O .

Содержание важных оксидов в глинистом сырье колеблется в широких пределах:

$\text{SiO}_2 - 40 \div 80 \%$;	$\text{CaO} - 0,5 \div 25 \%$;
$\text{Al}_2\text{O}_3 - 8 \div 50 \%$;	$\text{MgO} - 0 \div 4 \%$;
$\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0 \div 15 \%$;	$\text{R}_2\text{O} - 0,3 \div 5 \%$.

Кремнезем с формулой SiO_2 может существовать в глиняных породах в двух состояниях. Глина в связанном состоянии присутствует в составе добываемых глиняных пород, в то время как глина в свободном состоянии является примесью кварцевого песка или же шлюфа. Значимым является анализ количества свободного состояния кремнезема в составе минерала, в то время когда глину только начинают использовать на предприятии. Показатели, как правило, не превышают 60—65 %, лишь только в запесоченных керамических массах могут достигать 80—85 % [9].

Глинозем Al_2O_3 можно найти в составе глинистых пород и слюдистых примесей в связанном состоянии. Так как с повышением

содержания глинозема огнеупорность глин возрастает, то он является наиболее тугоплавким оксидом. Содержание глинозема косвенно отражает величину глинистой фракции, так как в глинах содержание слюдистых примесей обычно невелико. Содержание глинозема в огнеупорных глинах: от 10 до 15 % в кирпичных сортах, до 32 – 35 % в наиболее ценных сортах [9].

Известь CaO и магнезия MgO находятся в небольших количествах в составе глинистых минералов. Известь вступает в реакцию с глиноземом и кремнеземом при высоких температурах и образует эвтектические расплавы, представленные в виде алюмокальциевых силикатных стекол, в результате чего резко понижает температуру плавления глины.

Оксид железа Fe_2O_3 в глинах находится в виде примесей. Главное его действие – это окрашивание обожженного черепка. Оксиды железа могут понижать температуру плавления только в обжиге в восстановительной среде. Примесь содержится от нескольких долей процентов в беложгущихся чистых глинах и до 8 – 10 % в красножгущихся.

Диоксид титана TiO_2 является окрашивающей добавкой. В глине в виде примеси содержание его не превышает 1,5 %. После обжига придает окраску зеленоватых тонов.

Щелочные оксиды K_2O , Na_2O присутствуют в некоторых глинообразующих минералах, но в большинстве случаев присутствуют в виде полевошпатных песках и растворимых солей. Их содержание составляет до $5 \div 6$ %. Они ослабляют красящее действие Fe_2O_3 и TiO_2 и понижают температуру плавления глин [9].

Химический состав глин является наиболее важной характеристикой и значительно определяющей промышленное назначение.

1.1.3 Характеристика технологических свойств легкоплавкого глинистого сырья

Свойства глин разделяются на четыре основные категории: водные, механические, сушильные и обжиговые (термические).

Для понимания водных свойств необходимо рассмотреть взаимодействие глины с водой, для этого лучше всего подойдет описание системы «глина-вода» [8]. Строение глиняной частицы приведено на рисунке 1.6.

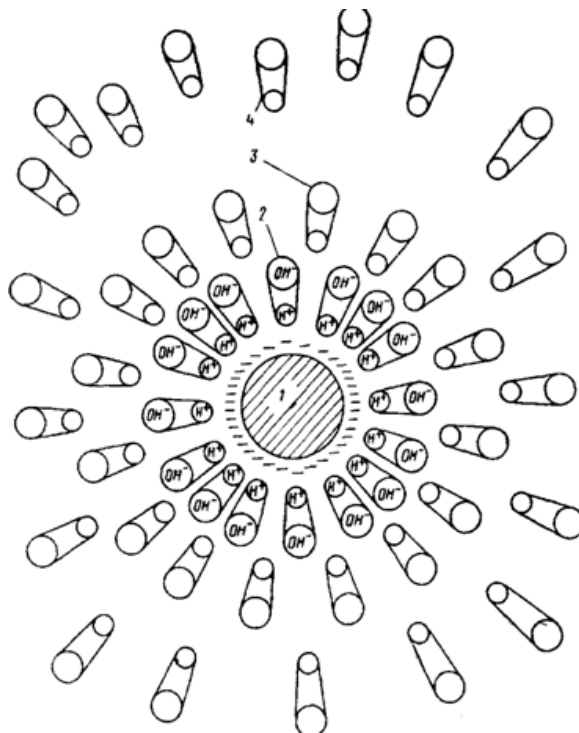


Рисунок 1.6 – Схема строения обводненной глинистой частицы: 1 - зерно глинистого минерала; 2 - мономолекулярный адсорбированный слой; 3 - полимолекулярный адсорбированный слой; 4 - диффузный слой

Зерна глинистых минералов 1 заряжены всегда отрицательно, вода ориентируется положительно заряженными диполями к глинистым частицам. Мономолекулярный слой 2 воды образует с глиной мицеллу. Из-за слабого поля молекулы воды, которые не имеют сильного влияния, имеют относительную свободу перемещения. Они образуют диффузный слой 4, в котором вода является рыхлосвязанной. Эта схема справедлива для чистой воды без примесей. В реальных условиях в воде всегда присутствуют соли. Катионы этих солей окружены «собственной» водной оболочкой и вместе с ней находятся в диффузном слое или могут адсорбироваться на поверхности зерна глины, создавая так называемый сорбированный комплекс. Такое

строение водной оболочки объясняет многие свойства глин, включая водные: влагоемкость, набухание и размокаемость [10].

Влагоемкость – это способность глины поглощать и удерживать воду силами молекулярного притяжения, осмотическим давлением и капиллярными силами. Наибольшее влияние оказывают молекулярные силы. Повышение дисперсности и удельной поверхности оказывают положительное влияние на влагоемкость глины. Монтмориллонитовые глины имеют наибольшую влагоемкость.

Способность глины увеличиваться в объеме за счет поглощения воды из воздуха или при непосредственном контакте называется *набуханием*. Количественно измерить степень набухания можно по ГОСТ 3594.12-93 с помощью отношения увеличенного объема к массе глины. Дисперсность глин и их минералогический состав влияют на степень набухания. Дисперсные глины дают наибольшую набухаемость. Наибольшую дисперсность имеют монтмориллонитовые глины. Набухание уменьшается с увеличением запесоченности, вследствие чего объем набухшей глины становится меньше суммы объемов глины и воды вместе взятых. Это явление называется *контракция*, и возникает оно за счет повышения плотности глины и ее сжатия. Процесс контракции затухает во времени. Плотные глины набухают медленнее, чем рыхлые [10].

Размокание – это распад в воде агрегированных глинистых частиц на более мелкие частицы или элементарные зерна с образованием полидисперсной системы.

Размокание – разрушение больших глиняных частиц в воде на более мелкие зерна и появление полидисперсной системы. Начинается процесс с поверхности куска глины. Наружные слои набухают и испытывают скалывающие напряжения. Под действием напряжений слои постепенно отдаляются и дают доступ к новым поверхностям для прохода воды и взаимодействия. Разбухание больше всего происходит в рыхлых глинах. В плотных глинах слои почти не отделяются, а вода не поступает во

внутренние слои из-за гидратации. С помощью механического перемешивания открываются новые слои для поступления влаги, и происходит разрушение больших частиц глины. Увеличение температуры жидкости также способствует размоканию, так как вязкость воды уменьшается. Подвижные молекулы воды легче впитываются. Чем быстрее глина размокает, тем лучше и качественней будет тесто.

Глины под действием внешних сил проявляют свои механические свойства. Основным из них является пластичность.

Пластические свойства проявляются при формовке. Возможность принимать ту или иную форму, без разрыва сплошности и удерживать ее после прекращения воздействия называется пластичностью. Данное состояние является промежуточным между текучим и твердым, хрупким. Пластическое состояние появляется, если водные оболочки частиц глины достаточно большие для скольжения друг относительно друга, но при этом вода имеет водородную связь и поверхностное натяжение, которое не позволяет глине растечься. Количественно определить пластичность помогает число пластичности (П). Оно определяется по ГОСТ 21216-2014.

По числу пластичности глина делится на пять групп [3]:

- высокопластичные глины ($П > 25$);
- среднепластичные глины ($П = 15 \div 25$);
- умереннопластичные глины ($П = 7 \div 15$);
- малопластичные глины ($П < 7$);
- непластичные глины.

На пластичность влияют гранулометрический, минералогический составы. При повышении дисперсности пластичность глин возрастает. Монтмориллонитовые глины имеют наибольшую дисперсность. Запесоченность глин уменьшает их пластические свойства.

Формовочная влажность глин или водопотребность – существенный показатель водных характеристик глин. Она достигается тогда, когда глина формируется руками человека и не пристает к рукам. С повышением

запесоченности формовочная влажность снижается, а при повышении дисперсности – возрастает. У монтмориллонитовых глинистых минералов водопотребность выше, чем у других.

Свойства, которые возникают при дегидратации, называют сушильными. Существуют такие свойства, как чувствительность образца к сушке, водопоглощение и воздушная линейная усадка.

Воздушная усадка проявляется в виде уменьшения размеров изделия при сушке, являясь одним из существенных сушильных свойств. Усадка в глине при ее сушке обусловлена капиллярным давлением. Усадочные деформации происходят из-за нарушения равновесия сил в капилляре. Воздушную усадку представляют в процентах. Она зависит от пластичности глиняной массы и составляет $2 \div 8 \%$. Запесоченность глин уменьшает воздушную усадку. Глины, где преобладает монтмориллонит, дают максимальную усадку, каолиновые дают минимальную. Режим сушки также влияет на усадку. Медленная сушка дает больше процент усадки, чем при быстрой сушке в сушильном шкафу. Для одинаковой глины число воздушной усадки рассчитывается с учетом начальной влажности изделия.

Чувствительность при сушке характеризует стойкость глин к деформациям различного рода в процессе дегидратации. Из-за неравномерности сушки в керамической массе появляются напряжения, что и является источником возникновения деформаций. Трещины появляются в том случае, если значение напряжения будет выше показания предела прочности изделия. В процессе сушки степенью трещиностойкости является коэффициент чувствительности изделия к сушке $K_{\text{ч}}$.

Физический смысл заключается в выражении отношения между усадочным объемом и общим объемом пор.

По величине коэффициента чувствительности $K_{\text{ч}}$ глиняные массы разделяют на три класса:

- малочувствительные глины ($K_{\text{ч}} < 1$);
- среднечувствительные глины ($K_{\text{ч}} = 1 \div 1,5$);

- высокочувствительные глины ($K_{\text{ч}} > 1,5$).

Повышение прочности глин помогает повышению трещиностойкости. Чем больше в глине глинистой фракции, тем сильнее возрастает прочность [8]. Вместе с увеличением коэффициента усадки уменьшается трещиностойкость глин. А при повышении влагопроводности – она возрастает. Данным фактом объясняется чуть меньшая чувствительность глин с большой запесоченностью по сравнению с глинами с высоким количеством глинистой фракции. Итак, на трещиностойкость глин в сушке оказывают комплексное влияние прочность и растяжимость, усадка, а также влагопроводность.

Термические свойства глинистого сырья проявляются в процессе увеличения температуры глины. Одни из важнейших – огнеупорность, интервал обжига, огневая усадка, а также спекаемость.

Огнеупорность – возможность противостоять влиянию высоких температур, при этом не расплавляясь. Огнеупорность измеряется с помощью температуры, при которой изделие, имеющее форму усеченной пирамиды у которой три грани (условно называющийся «конус»), деформируется от собственного веса и прикасается верхней частью к керамической подставке. Огнеупорность глины характеризуют как условную температуру плавления. Условной ее называют потому, что глина полидисперсна и у нее нет четкой температуры плавления, и плавится она в небольшом температурном интервале. Таким образом, за температуру плавления глинистого материала принимают ее действующую огнеупорность.

В зависимости от огнеупорности глины можно разделить на три группы (ГОСТ 9169-75):

- огнеупорные глины – температура огнеупорности больше 1580 °С;
- тугоплавкие глины – 1350÷1580 °С;
- легкоплавкие глины – ниже 1350 °С;

Химический состав влияет на огнеупорность глиняного материала [10].

Спекаемость считается значимой термической характеристикой для керамических изделий. Под ней подразумевают возможность уплотняться, и становится более прочной после высокотемпературной обработки в печи. Керамические массы спекаются вследствие сжатия и склеивания твердых частиц при помощи расплавов, возникающих при высокотемпературной обработке. Данное спекание считается жидкостным. В то время как если химические реакции проходят между твердыми частицами или твердым и жидким веществами, то обжиг называют твердофазным. В процессе спекания происходит сближение частиц обжигаемых изделий и уменьшение открытой пористости. Качество обработки материала контролируется согласно водопоглощению керамического изделия. Спекшейся считают образцы, у которых водопоглощение не превышает 5 %. Классификация глин по степени спекания приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Классификация глин по степени спекания [3]

Группа глинистого сырья	Водопоглощение керамики, %
Сильноспекающиеся	Не более 2
Среднеспекающиеся	Не более 5
Неспекающиеся	Более 5

Указанные значения водопоглощения должны быть не менее чем в двух температурных точках с интервалом 50 °С.

Спекаемость считается важным параметром, который определяет пригодность глин для изготовления множества глиняных изделий: труб, напольных плиток, кислотоупорных изделий. Интервал спекания каолининовых глин как правило больше, чем у монтмориллонитовых. Запесоченность глин быстро понижает интервал спекания [8]. Он определяет вероятность обжига образцов в печи, в которой существует перепад температур между верхом и подом печи.

Огневая усадка определяется уменьшением размеров изделия из глины после его обжига. Соединение глинистых зерен происходит при обжиге при воздействии поверхностного натяжения жидкой фазы. Усадка при обжиге глиняных изделий колеблется от 2 до 8% и может достигать в некоторых случаях 14 %. При увеличении количества глинистой фракции огневая усадка возрастает. Довольно сильно запесоченные глинистые материалы могут совсем не иметь усадки, а даже проявлять в обжиге «прирост» из-за вспучивания (усадка в таком случае отрицательная). Монтмориллонитовые глины обладают большей огневой усадкой, по сравнению с каолинитовыми. Щелочные оксиды зачастую огневую усадку делают больше, а железистые – только при обжиге и восстановительной среде. При повышении температуры огневая усадка, как правило, возрастает.

1.2 Характеристика непластичного сырья в технологии керамического кирпича

Непластичное сырье в технологии керамического кирпича представляет собой добавки, которые вводятся с целью улучшения технологических свойств готового продукта. Добавки для глин вводятся с целью изменения технологических свойств изделий и уменьшения расхода дорогого сырья. Добавки разделяют по тому, какое влияние оказывают на свойства изделия:

- отощающие добавки;
- выгорающие добавки;
- флюсующие добавки;
- химические добавки;
- добавки специального назначения.

Отощающие добавки представляют собой материалы, которые понижают пластичность, воздушную и огневую усадку глин. К таким добавкам относят: шамот и кварц, а также золы, шлаки и т.п.

- Кварцевые добавки – широко распространенные добавки, которые можно найти в природе. К кварцевым материалам относят жильный кварц, кремнь и пески из кварца. Добавки содержат кремнезем и являются отошающим материалом вследствие способности не проявлять воздушную и огневую усадки. В процессе нагревания данная добавка испытывает модификационные изменения в твердом состоянии: при 575 °С он изменяет кристаллическую структуру из β -модификации в α -кварц при этом увеличивая объем, из-за чего изделие может растрескаться (рисунок 1.7). При 870°С кварц переходит в тридимит, а уже при 1470 °С – в форму кристобалита (рисунок 1.8). Все эти особенности кварцевых минералов в технологии глиняных изделий известны и они учитываются при проектировке режимов обжига: когда температура приближается к температурам превращений, то скорость нагрева и охлаждения замедляют [11].

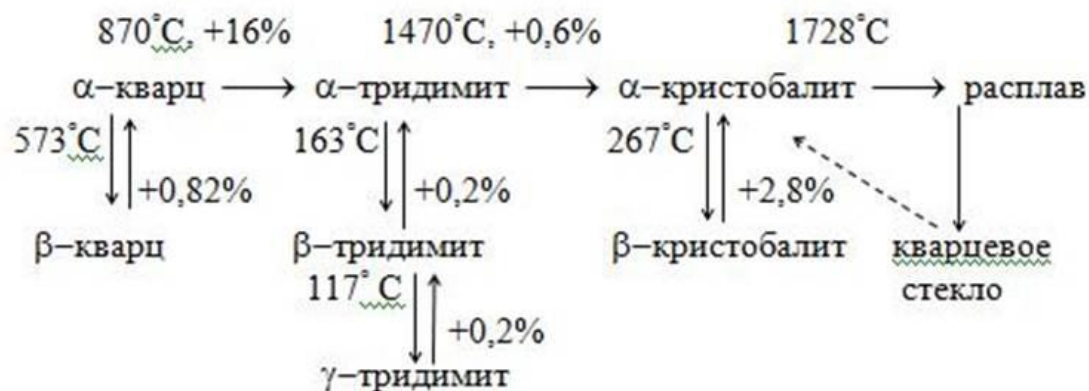


Рисунок 1.7 – Полиморфные превращения кварца по Феннеру

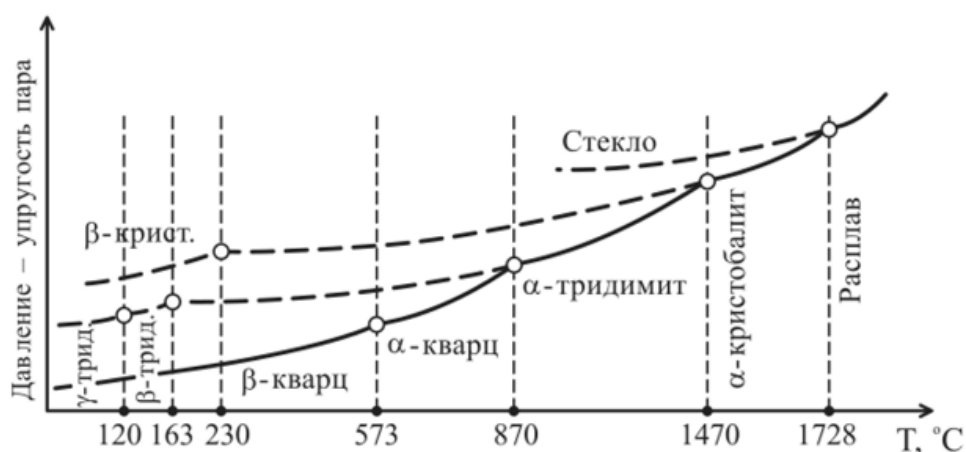


Рисунок 1.8 – Диаграмма состояния соединения SiO₂

Оценивая сырье из кварца, большое влияние имеет чистота материала. Примеси, которые уменьшают качество кварцевого сырья, вредны, а в том случае, если содержание большое, то исключается вероятность их применения. К кварцевым материалам относятся красящие примеси: оксиды железа и титана, слюда, а также железистые силикаты.

- *Шамот* производят обжигом при высокой температуре (1000÷1400 °C) из огнеупорного или тугоплавкого глинистого сырья. Шамот проявляет свойства отощителя глин, при изготовлении различных плиток, шамотных огнеупорных изделий, а также фарфора и фаянса. Данная добавка в сравнении с другими отощающими добавками не снижает огнеупорности сырья.

На заводах по производству керамического кирпича вместо шамота преимущественно используют мелкодисперсный обожженный кирпич. Объем такой добавки небольшой, поэтому существенного влияния она не оказывает. Применение брака и отходов изделий наиболее важно при их утилизации, развития безотходных технологий производств и охраны окружающей природы.

- *Известняк* используется как отощающий и разрыхляющий материал. При обжиге до 910 °C карбонаты различных веществ разлагаются на оксид кальция и углекислый газ, поэтому не рекомендуется применять

такую добавку размером больше 0,63 мм, для того чтобы исключить всякое растрескивание изделий. Его необходимо применять мелкозернистым и в очень небольшом объеме. Присутствие известняка в глине снижает температуру спекания керамики, и уменьшает период спекания, чем затрудняет процесс обжига и появляется опасность сильных деформаций глинистых изделий. В состав глинистого сырья повсеместно добавляют мел. Однако окраска изделий после обжига с использованием мела получается более темная, чем изделия с добавлением мрамора [12].

- *Дегидратированная* глина используется при нехватке отощителей. Добавка получается с помощью нагревания керамического сырья до $600 \div 700$ °С, в результате чего глина теряет пластичность вследствие удаления химически связанной воды. Применяется она больше при изготовлении строительных изделий. Дегидратированная глина уменьшает сроки сушки, при этом трещины не образуются.

- *Флюсующие материалы или плавни* являются веществами, которые взаимодействуют при обжиге с керамическим сырьем и образуют соединения, с более низкой температурой спекания. Поэтому добавление в состав сырья флюсующих добавок улучшает качество обжига и снижает температуру, при которой происходит спекание. Добавку делят на пару категорий: те, которые имеют более низкую температуру плавления, такие как сиениты и пегматиты, а также полевые шпаты, и соединения с большой температурой плавления, но, при спекании с которыми получаются легкоплавкие соединения. Пример второго вида добавок: карбонат кальция в виде мела или талька, а также доломит.

- *Полевые шпаты* – плавни, которые повсеместно применяются в изготовлении тонких керамических изделий. Разделяют добавки на виды: калиевый, натриевый и известковый полевые шпаты и плагиоклазы. Калиевый по-другому называют ортоклаз – $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$, натриевый – альбит – $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$, известковый – анортит – $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$.

Плагиоклазами называют полевые шпаты, которые содержат вещества альбит и анортит различного состава.

Данный пламень редко можно найти в чистом виде, все чаще – в различных сочетаниях минералов. Основным требованием к добавке является – легкоплавкость. Активность расплава увеличивается с повышением температуры печи и дисперсностью состава. Легкоплавкость у альбитов выше, чем у остальных минералов. Нежелательные примеси в данной добавке – оксиды железа, содержание которых должно быть $0,1 \div 1$ %.

- *Нефелиновые сиениты* являются смесью минерала нефелина, по-другому алюмосиликат натрия, и полевым шпатом. Температура его плавления примерно 1200 °С, а содержание в минерале щелочей – до 20 %. Добавка используется в промышленности как заменитель полевых шпатов в изготовлении изделий, где не нужен белый черепок, например плитка для пола, изделия, устойчивые к кислотам. Сиениты являются сопутствующими отходами с горнообогатительных предприятий. Готовые добавки получают в виде мелкодисперсных порошков. Именно поэтому их применение экономически выгодно.

- *Выгорающие добавки* получили свое название именно потому что выгорают в печи почти полностью (кроме зольной части). В керамическом производстве они зачастую применяются при изготовлении стеновых материалов. К выгорающим добавкам относят золы ТЭЦ, опилки, а также уголь.

- *Древесные опилки* добавляют в сырьевую массу для улучшения свойств изделий во время сушки. Так как структура опилок представляет собой длинные волокна, то добавку армируют зерна глины и улучшают сопротивление дефектам глиняной массы и трещиностойкость при сушке. Во время обжига древесные опилки выгорают, и оставляют в изделиях довольно крупные поры, которые помогают увеличить водопоглощение керамики, свойства по теплоизоляции, но при этом уменьшают морозостойкость. В

глиняные массы ссыпают, как правило, 5 ÷ 10 % опилок от общего объема основного сырья. При добавлении такого процента опилки ускоряют сушку, при этом, не уменьшая прочность изделия, что удивительно, так как пористость становится больше. Наиболее эффективно использовать добавку продольной резки, увеличивает трещиностойкость.

- *Антрацит вместе с тощими каменными углями* используют в качестве добавки в глину до 60 % от нужного на спекание объема используемого топлива, или 2 ÷ 2,5 % от количества основного сырья. Именно столько каменного угля оказывает малое влияние на количество пор в изделии. Основной смысл добавки – это создание восстановительной среды внутри изделия. Восстановительная среда усиливает процесс обжига и упрочнения изделий. В сечении кирпича, изготовленного из сырья с каменным углем, видна темно-красная уплотненная область, которая повышает прочность керамики.

- *Бурые угли* используют в качестве добавки с такой же целью. Нагрев и синтез газов происходит более ровно и в большем температурном интервале, по сравнению с добавлением антрацита, и как следствие почти не бывает пережога изделий, и обжиг материала можно производить более уверенно.

- *Золы ТЭЦ* используются как отошители при производстве керамического кирпича. А если в золе присутствует недожог – как выгорающие добавки.

1.3 Особенности технологии строительной керамики отделочного назначения

Производство керамических кирпича включает в себя такие этапы: работы в карьере, подготовка глиняного сырья, формование изделий правильной формы, и в конце сушка и обжиг.

Карьерные работы состоят из добычи, транспортировки в цех производства и хранения в глинозапаснике запаса глины.

Механическая обработка производится с помощью глинообрабатывающего оборудования с целью выделить большие куски глины и измельчить основную массу, сделать однородной глиняную массу и получить нужные свойства для формовки. Включения подобные на камень выделяют из сырья, пропуская через специальные камневыведительные вальцы или с помощью другого специального оборудования. После удаления камней глину измельчают. Сначала грубым способом, а потом на более мелкие фракции. После помола глину необходимо промять, для того чтобы получить керамическое сырье с формовочной влажностью.

Строительную керамику производят двумя способами: пластического формования и полусухого прессования. Способом литья изготавливают отделочную плитку, санитарно-технические изделия и другую керамику из фаянса и фарфора.

Пластичное формование. Изделия строительной керамики формуют с помощью пластичной глины на экструдерах, которые бывают с вакуумной камерой и без нее. Глинистое сырье перемещается из основной части к сужающейся переходной головке, а дальше к мундштуку. В мундштуке масса уплотняется и приобретает форму.

Из мундштука вытягивается брус из глины, который разрезают специальным автоматом-резчиком. После получают изделия нужного размера. Сформованные образцы кладут рядами специальным образом на печную вагонетку, после чего она помещается в туннельную сушилку. Вакуумирование проводят с целью убрать лишний воздух из сырья, при этом прочность готового обожженного кирпича увеличивается до 2 раз, а водопоглощение уменьшается на 10 – 15 %.

Пример технологической схемы изготовления керамического кирпича с помощью пластического формования приведен на рисунке 1.9.

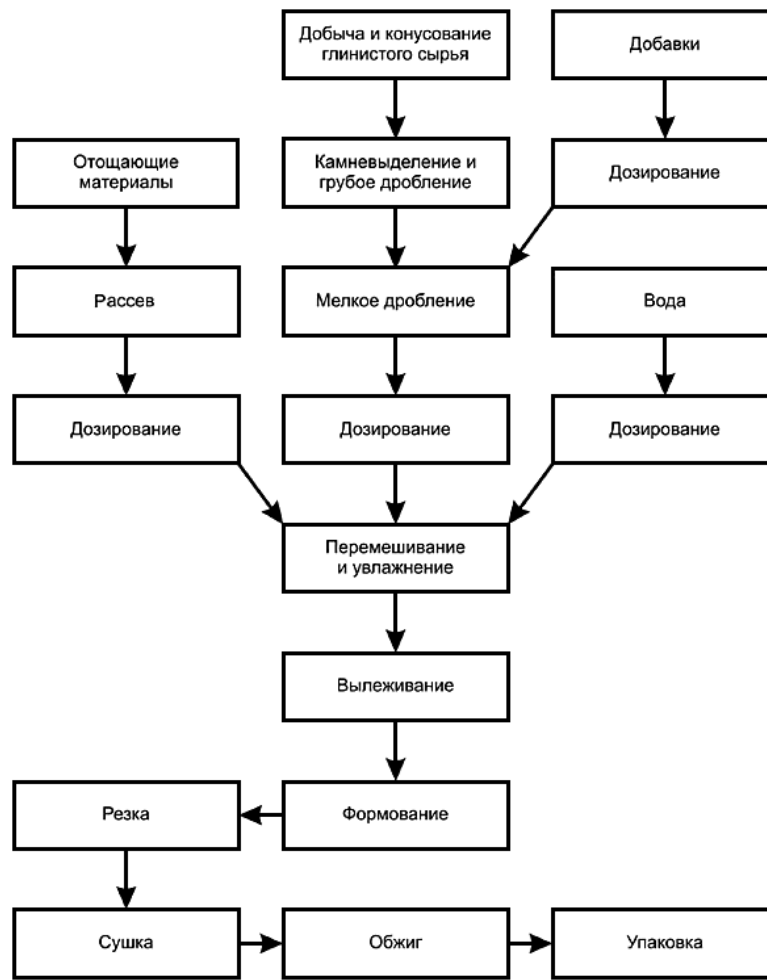


Рисунок 1.9 – Пример технологической схемы изготовления керамического кирпича с помощью пластического формования

Полусухое прессование. Глиняную массу формуют из шихты, влажность которой составляет 8 - 10 %. Прессование под большим давлением (15 - 40 МПа) позволяет изготавливать изделия с помощью данного способа. Технологическая схема производства керамического кирпича с помощью полусухого прессования, как пример, приведена на рисунке 1.10.

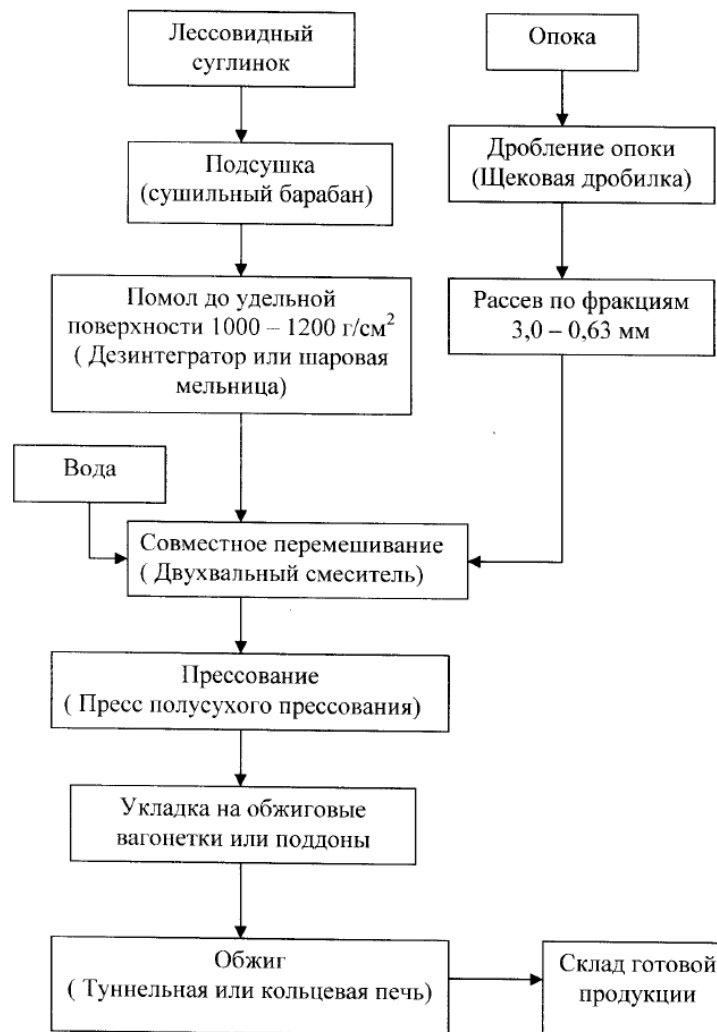


Рисунок 1.10 – Пример технологической схемы производства керамического кирпича методом полусухого прессования

Литье. Обычно плитку, толщина которой составляет 2 мм, изготавливают данным способом. На конвейерной ленте движутся поддоны. Наливные машины наносят шликеры друг за другом. При движении по конвейеру, глиняная масса довольно быстро сохнет. После сырец поступает на очистку и полировку изделий, а потом на автомат-резчик. Поддон с глиняными сырцами проходит весь конвейер примерно за 22 - 30 минут, а потом подается в печные установки. Пример технологической схемы приведен на рисунке 1.11.

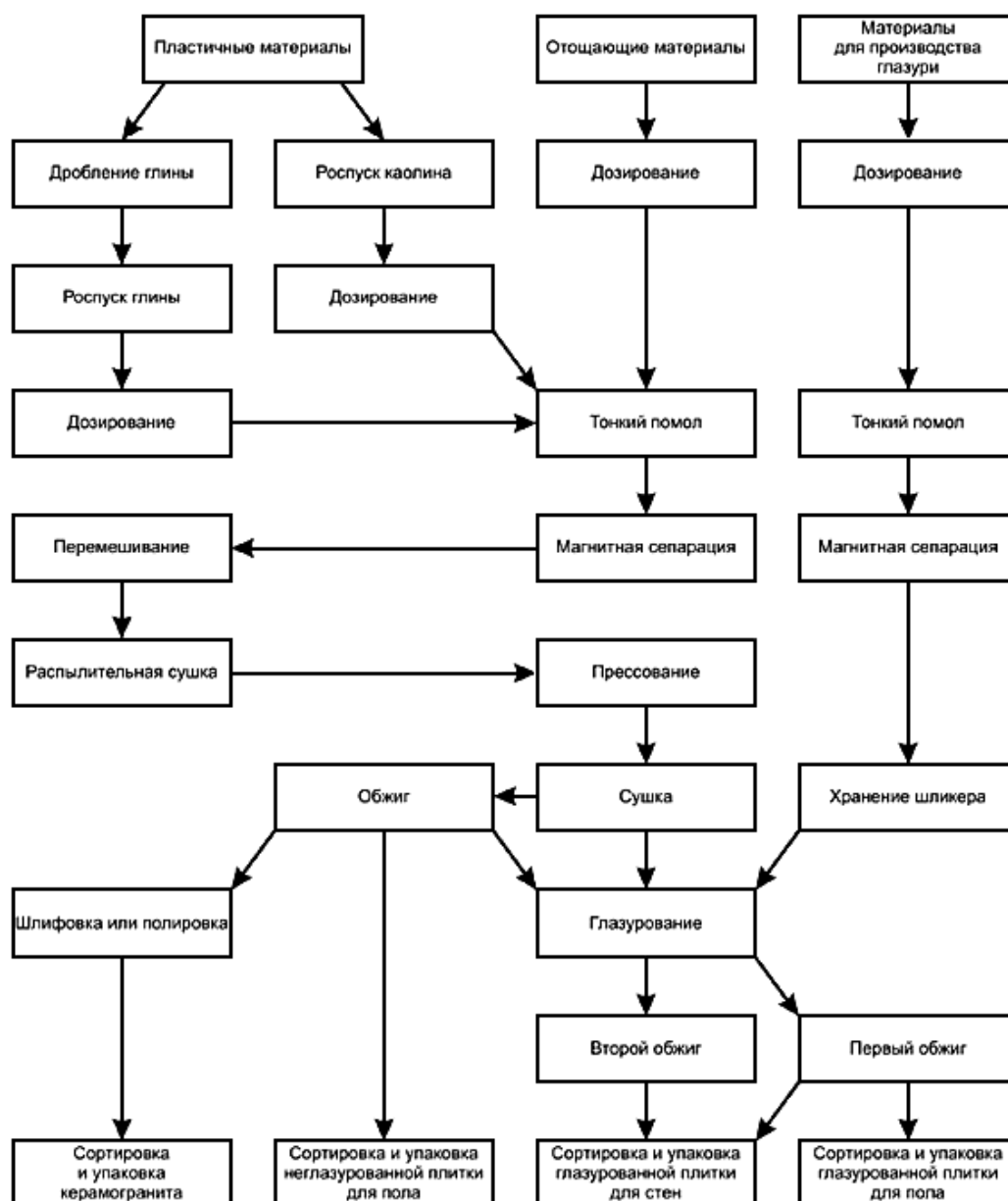


Рисунок 1.11 – Пример технологической схемы производства керамической плитки методом литья

Перед подачей в печь сырец необходимо высушить до влажности не более 5 % или усадка будет неравномерная, и появятся дефекты в изделии. Сушку производят в туннельных или камерных сушилках.

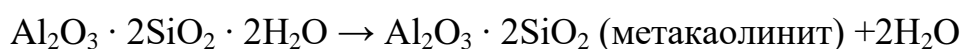
Последней стадией идет обжиг керамической плитки. Он производится в туннельной печи. Максимальная температура спекания плитки и других строительных изделий примерно 950 – 1000 °С.

1.4 Физико-химические процессы, протекающие при нагревании керамических масс для получения лицевого керамического кирпича

Процессы, которые происходят в глиняных массах при увеличении температуры, изучают с помощью метода дифференциального термического анализа (ДТА):

1 этап: происходит устранение гигроскопической (адсорбционной) воды при 150–200 °С;

2 этап: устранение химически связанной влаги из каолинита и потеря его пластичности при 550–580 °С;



3 этап: возникновение первичного муллита при 980–1000 °С по реакции;



Плотность муллита 3 г/см³, температура его плавления 1910 °С. Определено, что совокупность водяного пара и вакуума интенсифицируют процесс возникновения муллита. Существуют добавки, ускоряющие реакцию образования вещества. Минерализующий процесс добавки зависит от эффективного радиуса атома катиона. Если радиус катиона будет уменьшаться, то минерализующее действие иона увеличиться. Однако радиус Ti^{4+} самый маленький, но при этом в фарфоре возникает серый цвет.

При спекании каолиновых глин содержащих мало щелочей и больше 30 % оксида кремния, образуется кристобалит, уменьшающий химическую стойкость, а также прочность керамики. Если оксида кремния будет меньше 30 %, а гидрослюда больше 18 %, то оксид кремния частично растворяется в расплаве, остальной SiO_2 никак не изменяется.

Твердофазное спекание. При спекании гомогенных мелкокристаллических веществ могут возникать следующие механизмы перемещения вещества между твердыми зёрнами:

- пластическая деформация вещества,

- диффузионное перемещение вещества,
- испарение материала и его осаждение на поверхности.

Если рассматривать процесс обжига на воображаемых сферических объектах, то его можно символически разделить на три стадии. Первая стадия содержит припекание частиц, при котором происходит увеличение площади контакта частиц. При дальнейшем увеличении температуры происходит быстрое увеличение контакта и сильная усадка, но при этом механическая прочность увеличивается несущественно. Интенсифицирует процесс спекания на начальной стадии множество свободной энергии, определяющаяся толщиной вещества и дефектами кристаллической решетки.

На следующей стадии начинается припекание зерен в областях контактов, которые довольно быстро уплотняются. Образуется сетка частиц. Поры, до сих пор выглядящие как сообщающиеся каналы, помаленьку уменьшаются. С увеличением плотности возрастает и механическая прочность материала.

На последней стадии спекания происходит устранение оставшихся пор и дефектов кристаллической решетки из-за уменьшения свободной поверхности.

Жидкостное спекание. Появление расплава в обжиговых сырцах при высоких температурах зачастую обусловлено добавками в исходной массе. Пример таких добавок: минералы с низкой температурой плавления и оксиды, которые создают эвтектические расплавы. С целью улучшения прочности обжигаемых изделий и регулирования их характеристик в состав сырья добавляют минералы с низкой температурой плавления, например полевой шпат.

Расплав, который образуется в процессе обжига, смачивает твердые зерна, и соединяет их под влиянием сил поверхностного натяжения. Существует два варианта различного спекания с присутствием жидкой фазы:

отсутствие химической реакции вещества с твердой фазой, и их растворение, или химическое взаимодействие жидкой и твердой фаз (рисунок 1.12).

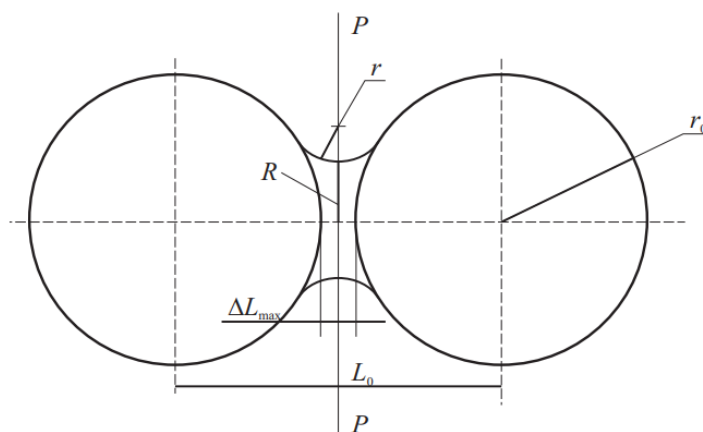


Рисунок 1.12 – Схема обжига с участием жидкой фазы и соединение двух твердых зерен: r_0 — радиус частиц; L_0 — расстояние между центрами частиц; ΔL_{\max} — максимальное сближение до соприкосновения сфер; P — избыточное давление

При обжиге, в котором участвует жидкая фаза, идут следующие процессы. Расплав делает прослойку между зерен, которые находятся близко друг к другу, и символично имеющими круглую форму. Слой расплава в таких обстоятельствах имеет модель вогнутой линзы. На мениске формы линзы, там, где проходит граница с газом с помощью силы поверхностного натяжения возникает избыточное давление, которое имеет направление в сторону центра кривизны.

Расплав из области контакта переходит под влиянием давления, создавая сведение твердых зерен на какое-то расстояние. Данный процесс и создает усадку изделия в целом.

Если химической реакции между жидкостью и твердой фазой нет, то после соединения частиц уплотнение прекращается.

Чаще встречается и лучше вариант, в котором расплав растворяет зерна твердой фазы. Сообразно их растворения в изначальном расплаве с небольшой концентрацией содержание вещества изначально твердой фазы возрастает. При таком раскладе при максимальном сближении твердых зерен оно не заканчивается, вследствие того, что происходит растворение участков,

которые вступили в контакт, и дальнейшее соединение зерен. Количество добавляемого плавня, который может растворить твердые частицы, скорее всего, будет небольшим.

Растворение твердых частиц происходит всегда около поверхности зерен с наиболее малым радиусом, а ее дальнейшая кристаллизация происходит у поверхности частиц с большим радиусом. Поэтому происходит переход вещества сквозь расплав сначала маленьких кристаллов на более большие кристаллы. Такой процесс, в общем, укрупняет частицы, делает поверхность более гладкой, что дает возможность наиболее основательной упаковки твердых частиц в спекаемом сырьце [13].

1.5 Способы улучшения декоративных свойств отделочной стеновой керамики

Для получения различной нестандартной окраски лицевой и декоративной стеновой керамики используют различные технологии (ангобирование, глазурирование и др.) и технологические приемы (уменьшение температуры обжига, замена окислительной среды спекания на восстановительную и т. д.) [14].

Глиняные изделия могут отделяться:

а) за счет химического состава глиняного сырья, который создает черепок некоторого цвета и структуры;

б) рельефной или гладкой отделкой глиняных изделий, разработкой определенной формы;

в) покрытием изготовленных керамических изделий различными ангобами, люстрами, глазуриями, а также эмалями и керамическими красками;

Для расширения палитры цветов обожженных керамических масс в их состав вводят **красители**, которые по происхождению разделяют на:

а) естественные;

б) искусственные (краски, пигменты, порошкообразные материалы, полученные тонким измельчением предварительно сплавленных оксидов металлов, алюминатов, силикатов, технологических добавок).

Поверхности изделий могут декорироваться до обжига и после него.

Для усиления декоративной выразительности при использовании кирпича одного и того же цвета возможно применение рельефного декорирования поверхности. Этот вид декора выполняется при формообразовании за счет рельефа прессующей плоскости.

В том случае, если естественная окраска изделий или рельефное декорирование неприемлемы, используется гладкое фактурное декорирование.

Для улучшения эстетических качеств и долговечности лицевой поверхности кирпича применяют глазури и ангобы. Под ангобом подразумевают смесь, которая улучшает декоративные свойства керамики. В смесь входят беложгущиеся глины и красящий пигмент, которым окрашивают лицевую поверхность кирпича. В процессе спекания происходит обжиг покрытия и изделия одновременно, что повышает качество изделия и срок эксплуатации.

Глазури являются сложные составы, в которые входят легкоплавкие вещества, красящие добавки и другие реагенты, наносимые на верхний слой различных изделий, таких как: лицевые кирпичи, санитарно-технические изделия, облицовочные плитки и канализационные трубы до спекания. После обжига в печи смесь превращается в расплав, и покрытие становится более крепкое, надежное, блестящее, которое обеспечивает эстетические качества и прочную защиту объекта.

1.6 Способы регулирования цвета керамических масс для получения объемноокрашенного керамического кирпича

Технология объемного окрашивания – получение лицевого керамического кирпича, окрашенного равномерно по всему объёму массы, за счет подбора глинистых составляющих.

Одним из базовых методов изготовления декоративного окрашенного кирпича сейчас считается объемное окрашивание. Однако основным все же считается объемное окрашивание красножгущихся керамических масс введением тугоплавких светложгущихся керамических масс [15], разнообразных минеральных красящих компонентов (мел, известняк) или окрашивающих оксидов различных металлов (Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO_2 и т.д.) [16]. Изредка применяются другие технологические методы, такие как повышение или уменьшение температуры спекания; изменение среды спекания с окислительной на восстановительную и т.д.

Сейчас главное внимание направлено на методы изменения цвета массы дисперсными карбонатными веществами и красящими примесями, в состав которых входят Fe_2O_3 или MnO_2 .

Цвет строительной керамики, изготовленной с применением отходов с производств главным образом определяется химическим составом отходов.

Применение карбонатов кальция для повышения эстетических качеств керамических изделий, сырье которых состоит в целом из железорудных отходов, в частности из карбонатов, нежелательно [17].

Примеси MgO и CaCO_3 высветляют изделия на основе керамических масс и почти окрашивают изделия. Окрашивающие примеси Fe_2O_3 , V_2O_5 , $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и NiCO_3 , CuCO_3 изменяют окраску изделий в сторону темных тонов от темно-красного до практически черного цвета.

Карбонат кальция, гидрохлорид кобальта, карбонат никеля, а также оксид магния уменьшают прочность изделий (в 1,6 – 3,2 раза) и усиливают водопоглощение. Добавление примесей V_2O_5 и CuCO_3 приводит к сильному

увеличению предела прочности (в 3,4 – 7,7 раза) и значительному уменьшению водопоглощения изделий [17].

Отходы с производства марганцевых руд изменяют окраску керамические изделий из суглинков в бордовые цвета, от более светлых тонов до темных оттенков. Цвет зависит от количества красящей добавки в составе сырья. Напротив, отходы с производства обогащения бокситов обуславливают осветлению керамического изделия при спекании до ярко-оранжевой окраски.

При использовании шламистых железорудных отходов изделия окрашиваются в оттенки от светло-серого до темно-серого цветов, с учетом процентного содержания отходов [17].

Отличительное преимущество лицевого кирпича объемного окрашивания – в его долговечности по сравнению с двухслойным, ангобированным или глазурированным кирпичом.

2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Определение воздушной усадки глин

После высушивания глиняных образцов обычно возникает уменьшение объема глин, особенно важно для сформованного образца методом пластического формования или же литьем. Уменьшение размеров образца при высушивании является воздушной усадкой.

Уменьшение объема глиняных образцов при сушке происходит из-за соединения зерен под влиянием сил поверхностного натяжения и осмотического давления, и, возникающего из-за испарения влаги межмолекулярного притяжения. В некоторых случаях существенную роль играет изменение размера самих зерен керамических масс, имеющих межпакетную воду.

Сильная усадка сырца при дегидратации считается причиной растрескивания и усиления дефектности. Повреждения вызываются внутренними напряжениями, которые начинают преобладать перед силами связи глиняного сырца.

Воздушную усадку измеряют с помощью разницы размеров изделия после формовки и после сушки.

Величина усадки после сушки прямо пропорциональна числу пластичности керамического сырья, и частично по этой величине можно рассматривать сушильные качества керамических масс. У глинистого сырца, которое чувствительно к сушке, значение воздушной усадки будет выше.

Для глинистого сырца величина усадки, как правило, составляет 6 – 10 %. Добавки-отошители уменьшают воздушную усадку. Химический состав сырья влияет на воздушную усадку: глины, в основе которых монтмориллонитовое сырье, обладают большей воздушной усадкой, чем глины на основе каолинита.

Высокопластичное и среднепластичное керамическое сырье обладает воздушной усадкой более 10 %, в то время как умереннопластичное - от 6 до 10 %, а малопластичное и непластичное не превышает 6 %.

Условия, при которых происходит дегидратация, также оказывают действие на значение линейной усадки. Например, при сушке, когда температура окружающей среды не превышает 30 °С на открытом пространстве воздушная усадка будет значительней, чем в жестких условиях в сушильном шкафу.

Цель работы: Исследование поведения глинистого сырья в сушке.

Приборы и материалы:

1. Высушенные образцы – плитки,
2. Штангенциркуль.

Порядок выполнения работы. Из куса глиняного сырья с оптимальной формовочной влажностью раскатывают скалкой со специальными бортиками пласт толщиной 5 мм, из которого вырезают формой с выталкивателем, покрытой маслом, образцы в виде плиток с размером 50 х 50 х 5 мм. Изделия сразу кладут на горизонтальную поверхность, на которой лежит слой бумаги. На образцы-плитки с помощью подручных средств наносят шифр или порядковый номер. На образце острыми концами штангенциркуля делают метки (расстояние при этом должно быть 50 мм), таким образом, чтобы метки находились по диагонали (рисунок 2.1).

Острые концы штангенциркуля должны входить в образец на 2 - 3 мм. Далее изделия сушат на открытом воздухе до тех пор, пока не прекратится процесс изменения размеров образцов. Для ускорения процесса можно переворачивать образцы таким образом, чтобы они не деформировались. После прекращения усадки образцы ставят вертикально и помещают в сушильный шкаф не менее чем на 1 час с температурой 100 – 110 °С. После сушки и охлаждения замеряется расстояние по существующим меткам. Погрешность штангенциркуля должна быть не больше 0,05 мм.

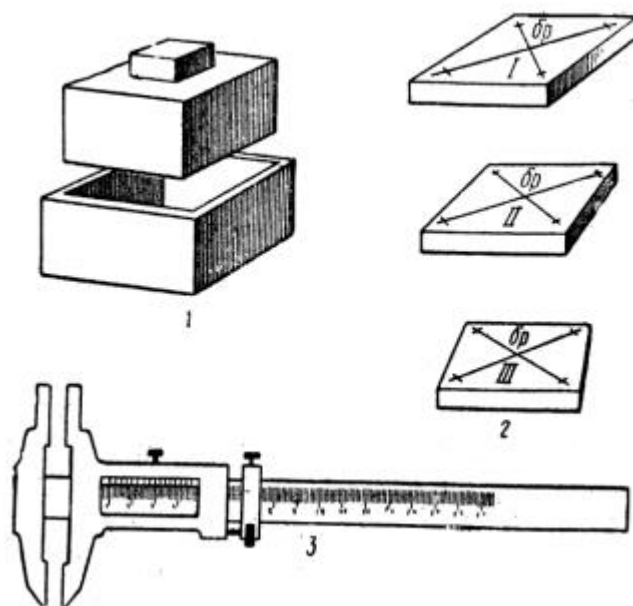


Рисунок 2.1 – Аппаратура, используемая для определения усадки на образцах – плитках: 1-форма с выталкивателем; 2-образцы размером 50х50х5 мм; 3- штангенциркуль

Величину воздушной усадки (%) находят по формуле:

$$l_v = \frac{d_1 - d_2}{d_1} \cdot 100,$$

где d_1 – расстояние между метками на сформованных образцах, мм;

d_2 – расстояние между метками на образцах после сушки, мм.

Для изделий из сильно чувствительных к сушке глиняных масс возможно растрескивание при сушке, как следствие воздушная усадка может изменяться в разных направлениях по-разному. Поэтому при обработке результатов линейной усадки значения, которые сильно отличаются от остальных необходимо отбрасывать. Показатель линейной усадки рассчитывают как среднее арифметическое 3 параллельных измерений. Итоговое значение линейной усадки необходимо округлить до 0,1 %.

2.2 Определение спекаемости глин

Метод основан на определении температуры спекания и температурного интервала спекания глинистого сырья.

За температуру спекания принимают температуру, при которой огневая усадка образца достигает максимального значения, а водопоглощение черепка не превышает 5%.

За температурный интервал спекания принимают разность между температурой начала спекания глины и температурой, при которой получают черепок с наименьшим водопоглощением.

Цель работы: Исследование процесса поведения глинистого сырья в обжиге.

Приборы и материалы:

1. Высушенные изделия в виде кубиков и плиток;
2. Печь для обжига изделий;
3. Штангенциркуль.

Порядок выполнения работы.

Образцы, высушенные до остаточной влажности 1 %, помещают в печь. Обжиг начинают с температуры 850°C. Температуру для каждой следующей партии изделий повышают на 50°C .

Обжиг изделий проводят до таких температур:

- для легкоплавких глиняных материалов до 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C, 1050°C.

Температуру поднимают до тех пор пока не заметно признаков пережога. (начало снижения кажущейся плотности, деформация образцов, появление блеска и т.д.).

В одной партии для каждой температуры должно быть не менее трех изделий. Температуру увеличивают со скоростью 3 °C/мин. Выдержка при достижении конечной температуры составляет 30 мин. Далее образцы помещают в печь, изначально нагретую до 800 °C, и остужают до температуры 25 °C. Далее измеряют огневую усадку штангенциркулем по меткам и записывают полученные данные.

По полученным данным строят кривую спекания в координатах "температура - водопоглощение" (см. рисунок 2.2). Температурный интервал

спекания между точками А и В характеризует величину интервала спекания, между точками Б и В - спекшееся состояние.

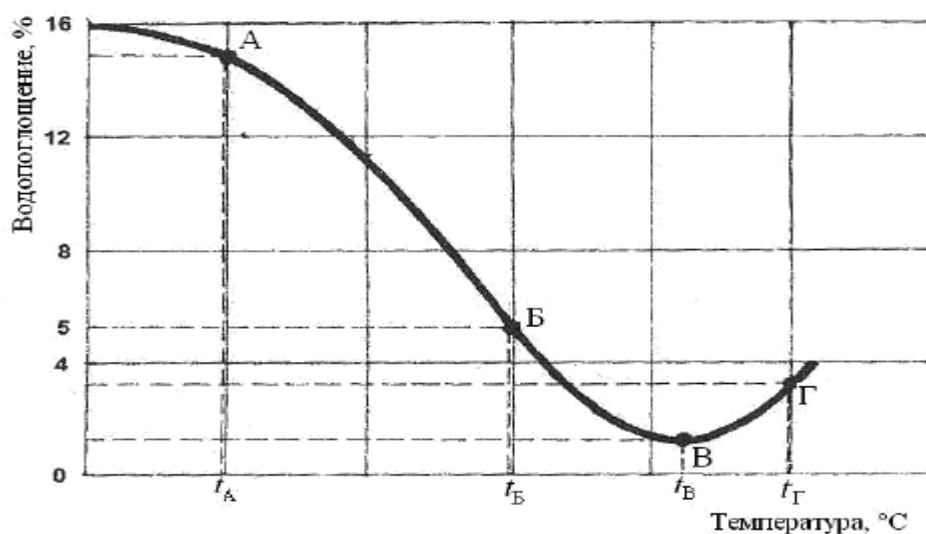


Рисунок 2.2 – Зависимость водопоглощения обожженного материала (черепка) от температуры обжига (кривая спекания): t_A – температура начала спекания; t_B – температура, при которой получают черепок с $W=5\%$; t_V – температура, при которой получают черепок с наименьшим водопоглощением; t_Γ – температура, при которой отмечаются признаки пережога образцов (деформация, вспучивание, появление блеска, начало снижения кажущейся плотности)

Температуру начала спекания устанавливают по началу появления усадки и снижению водопоглощения.

По спекаемости глинистое сырье классифицируют (таблицы 2.1, 2.2):

Таблица 2.1 – Классификация глинистого сырья по степени спекания в зависимости от температуры

Наименование групп	Температура спекания, °C
Низкотемпературного спекания	До 1100
Среднетемпературного спекания	Св. 1100 до 1300
Высокотемпературного спекания	1300

Таблица 2.2 – Классификация глинистого сырья по степени спекания в зависимости от водопоглощения

Наименование групп	Водопоглощение образца без признаков пережога, %
Сильноспекающиеся	Менее 2

Среднеспекающиеся	От 2 до 5
Неспекающиеся	Св. 5

2.3 Определение водопоглощения обожженных изделий

Определение водопоглощения – один из видов контроля процесса спекания глинистых материалов, который характеризуется определением объема закрытых пор обожженного изделия. Для определения объема существуют различные методы и приборы (волюмометры), принцип работы которых основан:

- а) на вытеснении испытуемым образцом несмачивающей жидкости;
- б) на гидростатическом взвешивании образца, предварительно насыщенного жидкостью, не взаимодействующей с испытуемым материалом и обладающей хорошей смачивающей способностью.

В России наибольшее распространение получили методы насыщения и гидростатического взвешивания, позволяющие одновременно определять кажущуюся плотность, открытую пористость и водопоглощение (ГОСТ 2409-2014 на огнеупорные материалы). В качестве пропитывающей жидкости для обожженных материалов и изделий, не подвергающихся гидратации, обычно используют воду.

Приборы и материалы:

1. Обожженные образцы.
2. Технические весы.
3. Электрическая плитка.
4. Сосуд для кипячения образцов с решетчатой подставкой.
5. Эксикатор.
6. Для насыщения водопроводная питьевая вода.
7. Штангенциркуль.

Порядок выполнения работы:

В соответствие с ГОСТ 2409-2014 используют образцы объемом 50 - 250 см³, вырезанные или отколотые от изделий, очищенные от пыли и с последующей подшлифовкой неровностей поверхности и острых углов. При изготовлении образца поверхностная корка должна оставаться неповрежденной. В данном методе допустимо использование сформованных и обожженных изделий правильной геометрической формы, или отделенных частей меньшего объема.

Изделия или осколок материала очищают с помощью сжатого воздуха или щетки от грязи и пыли, удаляют лишнюю влагу в шкафу и помещают на хранение под стеклянный колпак.

Три или более параллельных образцов взвешивают по одному на весах, точность которых должна быть до 0,01 г. Чтобы насытить изделия водой используют кипячение или вакуумирование.

Для насыщения с помощью кипячения изделия после взвешивания кладут на заранее подготовленную подставку и помещают в сосуд. Наливают в него воду таким образом, чтобы она находилась на 2 – 3 см выше верхнего края образцов. Кипячение проводят около 2 - 3 часов. Воду в процессе необходимо доливать, иначе результаты испытания будут недействительны. По прошествии 2 – 3 часов изделия необходимо охладить в жидкости до 25 °С.

Для того, чтобы взвесить изделие на воздухе необходимо удалить лишнюю воду с поверхности влажным куском ткани. После повторения 10 - 15 взвешиваний ткань отжимают. После измерения массы изделия вновь помещают в воду и хранят там до окончания всех необходимых расчетов.

Конечные значения водопоглощения записывают с точностью до одного знака после запятой.

Формула для определения водопоглощения:

$$B = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100,$$

где m – масса сухого образца при взвешивании на воздухе, г;

m_1 – масса образца, насыщенного водой, при взвешивании на воздухе, г;

2.4 Определение предела прочности при сжатии глиняных образцов после обжига

Определение прочности образцов заключается в фиксировании максимального напряжения, которое они способны вынести без разрушения. Прочность при сжатии – это максимальное сжимающее напряжение, которое выдерживает образец до разрушения. Используются образцы-кубики, обожженные при разных температурах. Для определения площади образцы замеряются штангенциркулем.

Приборы и материалы:

1. Обожженные образцы.
2. Технические весы.
3. Штангенциркуль.
4. Пресс гидравлический.

Порядок выполнения работы:

Образцы для испытаний должны иметь форму цилиндров или кубов, причем диаметр цилиндра примерно равен его высоте. Плоскости образцов, которые должны прилегать к плитам испытательной машины (пресса), должны быть плоскопараллельны и отшлифованы.

Размеры обожженных при разных температурах обжига образцов-кубиков замеряются штангенциркулем в верхней и нижней частях образца в направлении, параллельном помеченным плоскостям.

При установке образца на плиту пресса необходимо учитывать возможные перекосы образца, поэтому испытания проводят на полусферической опоре. Иногда на образец снизу и сверху укладывают прокладки из легко деформируемого материала (картона, резины, алюминия, меди и т.д.), которые устраняют действие перекосов, неровностей и других дефектов поверхности образца. Для проведения испытаний отбирают

образцы без видимых дефектов, измеряют площадь поверхности, как указано выше. Среднее сечение измеряют по формуле:

$$S_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{в}} + S_{\text{н}}}{2},$$

Где $S_{\text{в}}$ и $S_{\text{н}}$ – площади соответственно верхнего и нижнего сечений.

При испытании образец устанавливается в центре нижней плиты пресса и прижимается верхней плитой пресса, которая должна плотно прилегать ко всей верхней грани образца. При подаче нагрузки необходимо соблюдать постоянную скорость нагружения вплоть до разрушения образца, в момент которого по манометру пресса фиксируют разрушающее (максимальное) напряжение.

Разрушающее напряжение (МПа) при сжатии определяют по формуле:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P \cdot k_{\text{м}} \cdot 0,1}{S_{\text{ср}}}, \text{ МПа}$$

где P – показание манометра, мВ;

$S_{\text{ср}}$ – средняя площадь сечения, см²;

$k_{\text{м}}$ – коэффициент манометра, учитывающий перевод единиц измерения из мВ в кгс ($k_{\text{м}} = 38,2$).

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований

Данная научно-исследовательская работа направлена на исследование влияния добавок на объемное окрашивание глинистого сырья и получение в качестве изделия керамический кирпич. Испытания проводились в лаборатории НОЦ Н.М.Кижнера 023 аудитории 2 корпуса ТПУ.

Исследование проводится с целью создания керамического кирпича серого или черного цвета с наиболее высокими технологическими характеристиками.

Разработка научно-исследовательской работы производится группой работников состоящей из двух человек – руководителя (инженера) и студента (лаборанта).

Применяется керамический кирпич в строительстве промышленных, гражданских, частных и других объектов.

На таблице 4.1 представлена карта сегментирования.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка по виду применения материала

		Вид изделия		
		Керамический облицовочный кирпич	Рядовой кирпич	Крупноформатный камень
Размер компаний	Крупные			
	Средние			
	Малые			
	Востребованная продукция		Продукция востребована	не

Согласно данной карте наибольшим спросом пользуется рядовой керамический кирпич. Он наиболее часто применяется, по сравнению с двумя другими. Но по эстетическим представлениям рядовой кирпич уступает лицевому, поэтому создание такого кирпича различных цветов станет наиболее выгодно.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений помогает провести оценку эффективности научной разработки по сравнению с другими похожими решениями, а также определить направления для дальнейшей работы. Наиболее эффективно проводить анализ с помощью оценочной карты (таблица 4.2).

Окрашенный кирпич возможно создавать с помощью многих методов, но наиболее востребованными являются:

Б_Ф – объемное окрашивание керамики (НИ ТПУ);

Б_{к1} – поверхностное нанесение – ангоб;

Б_{к2} – технология редуционного обжига.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _Ф	Б _{к1}	Б _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Время производства	0,09	3	4	3	0,27	0,36	0,27
2. Удобство в эксплуатации (соответствие требованиям потребителей)	0,07	5	3	2	0,35	0,21	0,14
3. Теплоизоляционная способность	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
4. Энергоэкономичность	0,06	5	4	5	0,3	0,24	0,3
5. Надежность	0,03	5	3	2	0,15	0,09	0,06
6. Простота производства	0,07	4	2	3	0,28	0,14	0,21
7. Безопасность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
8. Потребность в ресурсах	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
9. Простота эксплуатации	0,05	3	3	4	0,15	0,15	0,2

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
2. Уровень проникновения на рынок	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,18
3. Цена	0,07	4	3	2	0,28	0,21	0,14
4. Предполагаемый срок выпуска	0,05	2	3	4	0,1	0,15	0,2
5. Срок выхода на рынок	0,03	3	4	3	0,09	0,12	0,09
6. Наличие сертификации разработки	0,06	3	4	4	0,18	0,24	0,24
Итого	1	56	51	49	3,73	3,43	3,27

Вариант метода изготовления оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

По полученным данным можем говорить, что изделия, изготовленные нашим способом, наиболее конкурентоспособны. Готовый продукт удобен в эксплуатации, обладает оптимальной ценой и прост в производстве.

4.3 SWOT-анализ

Данный анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 4.3 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: 1. Изготовление недорогого строительного материала	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: 1. Отсутствие возможностей для апробации исследования 2. Индивидуальный
--	--	---

	2. Простота эксплуатации 3. Экологичность производства	подбор соотношений сырья для наилучшего результата 3. Сложности с внедрением разработки на производство
Возможности: 1. Производство новых видов продукции 2. Снижение цен на изделия 3. Освоение новых сегментов рынка	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности» 1. Разработка новой недорогой продукции керамического кирпича	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности» 1. Увеличение объема производства и снижение цен на производство 2. Создание новых видов керамических масс (шихт)
Угрозы: 1. Появление большого количества конкурентов 2. Отсутствие спроса на новую продукцию 3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукта	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» 1. Создание спроса на новую технологию производства 2. Патентование и сертификация товара	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» 1. Апробация исследования 2. Совершенствование технологии

По полученной таблице можно сделать следующие выводы: сильные стороны вкупе с угрозами и слабые стороны вместе с возможностями позволяют не останавливаться на достигнутом и двигаться дальше; по таблице можно увидеть, что положительных моментов больше, а значит данная технология перспективна и с большой вероятностью выйдет на рынок.

4.4 Планирование научно-исследовательской работы.

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Научные исследования проводятся сотрудниками, в число которых могут входить инженеры, научные сотрудники и преподаватели, лаборанты. В рамках данного исследования формируются цель и результаты проекта, список заинтересованных сторон проекта, а также рабочая группа проекта, куда входят все люди, причастные к исследованию, их функции и основные обязанности.

Цель и результаты проекта

В данном разделе приводятся таблицы заинтересованных сторон проекта (таблица 4.4) и целей и результатов проекта (таблица 4.5).

Таблица 4.4 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научный руководитель	Разработка составов керамических масс для получения лицевого керамического кирпича с улучшенными декоративными свойствами
Студент	

Таблица 4.5 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка составов масс для получения облицовочного кирпича
Ожидаемые результаты проекта:	Разработка технологии для получения керамических изделий с улучшенными декоративными свойствами
Критерии приемки результата проекта:	Воспроизводимость технологии на действующих заводах.
Требования к результату:	Требование:
	Разработанная технология должна быть нацелена на получение качественных изделий.
	Технология должна быть доступной для внедрения на производствах

Порядок этапов работы, содержание и распределение исполнителей приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследования	2	Выбор направления исследований	Руководитель, лаборант
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Лаборант
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, лаборант
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчётов обоснований	Лаборант
	6	Подготовка рабочего места: подготовка исходных веществ, растворителей и вспомогательных веществ	Лаборант
	7	Проведение экспериментов	Лаборант
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, лаборант
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, лаборант
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, лаборант
Проведение ВКР			
Изготовление и испытание опытного образца	11	Получение опытных образцов	Лаборант
	12	Лабораторные испытания опытных образцов	Лаборант
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Лаборант

4.4.2 Определение трудоёмкости проведения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении выпускной квалификационной работы наиболее удобным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В 2021 году 365 календарных дней, из них выходных и праздничных дней 66.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 53 - 13} = 1,22$$

В таблице 4.7 представлены временные показатели проведения научно-исследовательской работы.

Таблица 4.7 - Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
		t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни							
		Исп. 1	Исп. п. 2	Исп. 1	Исп. п. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. п.1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Разработка технического задания	1	1	2	2	1,4	1,4	Р	Л	0,7	0,7	0,9	0,9
2	Выбор направления исследования	1,5	1,5	6	6	3,3	3,3	Р	Л	1,65	1,65	2,0	2,0

	ий												
3	Календарное планирование работ по теме	3	3	4,5	4,5	3,6	3,6	Р	Л	1,8	1,8	2,2	2,2
4	Подбор и изучение материалов	15	15	30	30	21	21	Р	Л	10,5	10,5	12,8	12,8
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	12	12	18	18	14,4	14,4	Л	Л	14,4	14,4	17,6	17,6
6	Проведение экспериментов	15	15	28	28	20,2	20,2	Л	Л	20,2	20,2	24,6	24,6
7	Получение опытных образцов	17	17	30	30	22,2	22,2	Л	Л	22,2	22,2	27,1	27,1
8	Лабораторные испытания опытных образцов	6	6	9	9	7,2	7,2	Л	Л	7,2	7,2	8,8	8,8
9	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	12	15	15	20	13,2	17	Р	Л	6,6	8,5	8,1	10,4
10	Оценка эффективности полученных результатов	9	15	12	21	10,2	17,4	Р	Л	5,1	8,7	6,2	10,6
11	Составление пояснительной записки	15	15	23	23	18,2	18,2	Л	Л	18,2	18,2	22,2	22,2

На основе таблицы 4.7 был построен календарный план-график проведения НИОКР.

Таблица 4.8 – Календарный план-график проведения НИОКР

№	Вид работ	Исполнители	T _{кi} дни	Продолжительность выполнения работ														
				Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Разработка технического задания	Руководитель, лаборант	0,9 0,9															
2	Выбор направления исследований	Руководитель, лаборант	2,0 2,0															
3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, лаборант	2,2 2,2															
4	Подбор и изучение материалов	Руководитель, лаборант	12,8 12,8															
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Лаборант	17,6															
6	Проведение экспериментов	Лаборант	24,6															
7	Получение опытных образцов	Лаборант	27,1															
8	Лабораторные испытания опытных образцов	Лаборант	8,8															
9	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическим и исследованиями	Руководитель, лаборант	8,1 10,4															
10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, лаборант	6,2 10,6															
11	Составление пояснительной записки	Лаборант	22,2															

Руководитель	Лаборант

4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_{\text{т}}) \cdot \sum_{i=1}^m \text{Ц}_i \cdot N_{\text{расх}i}$$

Где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.); Ц_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); $k_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 4.9 – Затраты на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Глина 1	кг	3	250	750
Глина 2	кг	3	250	750
Глина 3	кг	2	400	800
Оксид 1	г	150	3	450
Оксид 2	г	150	4	600
Оксид 3	г	50	0,2	10
Масло моторное	л	0,5	350	175
Ткань х/б	м ²	3	150	450
Пленка полиэтиленовая	м	50	5	250
Резиновые перчатки	шт	10	10	100
Зип-пакеты	шт	50	1	50
Тетрадь общая	шт	1	25	25
Маркер черный	шт	1	40	40
Итого				4450

4.5.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включаются все затраты, связанные с приобретением специального оборудования. Стоимость оборудования, имеющегося в научно-исследовательском центре, учитывается в статье по амортизационным отчислениям

Таблица 4.10 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Фарфоровая ступка с пестиком	1	1000	1000
2	Сито	1	700	700
3	Стакан	3	300	900
4	Нож	2	150	300
	Итого			2900

4.5.3 Расчет амортизационных отчислений

Так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, то все расчеты будут сводится к определению амортизационных отчислений поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываются только рабочие дни. Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{ам}} = \frac{\sum K_{\text{оби}} \cdot H_{\text{оби}} \cdot T_{\text{оби}}}{365 \cdot 100},$$

где $K_{\text{оби}}$ – стоимость ед. прибора или оборудования, руб.;

$H_{\text{оби}}$ – норма амортизации прибора или оборудования, %;

$T_{\text{оби}}$ – время использования оборудования, дни.

Таблица 4.11 – Расчет амортизации оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Цена единицы оборудования, $K_{обі}$, руб	Время использования, $T_{обі}$, дни	Норма амортизации, $H_{обі}$, %	Сумма амортизационных отчислений, $E_{ам}$, руб.
1	Весы аналитические «Веста В153»	18000	5	10	24,7
2	Пресс гидравлический	20000	3	8	13,2
3	Щековая дробилка ЩД-10	300000	3	10	246,6
4	РФА – установка ДРОН-3М	200000	1	12	65,8
5	Пропарочная камера	20000	7	12	46,0
6	Печь камерная	80000	3	12	78,9
	Итого				475,2

4.5.4 Расчет основной заработной платы

В данной статье отображается основная заработная плата работников, которые участвуют в выполнении научно-исследовательской работы. Расходы по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

К основной заработной плате включается дополнительная:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

Где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$). Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p$$

Где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

Где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени
научнотехнического персонала, раб. дн.

В таблице 4.12 приведен баланс рабочего времени каждого работника
НТИ.

Таблица 4.12 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Лаборант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
– выходные дни:	53	53
– праздничные дни:	13	13
Потери рабочего времени		
– отпуск	48	48
– невыходы по болезни	0	2
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	249

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}$$

Где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (30% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, для Томска равный 1,3

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс},$ руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	$Z_m,$ руб	$Z_{дн},$ руб	$T_p,$ раб. дн	$Z_{осн},$ руб
Руководитель	35000	0,3	0,2	1,3	68250	2827,9	32,2	91341,2
Лаборант	23000	0,3	0,2	1,3	44850	1873,3	139,2	260763,4
Всего:								352104,6

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 4.14.

Таблица 4.14 - Общая заработная плата исполнителей

Исполнители	$Z_{осн},$ руб.	$Z_{доп},$ руб.	$Z_{зп},$ руб.
Руководитель	91341,2	13701,2	105042,4
Лаборант	260763,4	39114,5	299877,91

4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп})$$

Где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования).

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	91341,2	13701,2
Лаборант	260763,4	39114,5
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого:	122285,9	

4.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые расходы и т.д.

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}$$

Где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на электроэнергию в исследовательской лаборатории составляют: $З_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 2500 = 400$ руб.

4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.16.

Таблица 4.16 - Расчет бюджета затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб	
		Исп. 1	Исп. 2
1	Материальные затраты НТИ	4450	
2	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	2900	
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	91341,2	260763,4
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13701,2	39114,5
5	Отчисления во внебюджетные фонды	122285,9	
6	Накладные расходы	400	
7	Бюджет затрат НТИ	534956,2	

По таблице основные затраты НТИ приходятся на заработную плату и отчисления во внебюджетные фонды.

4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Интегральный показатель ресурсоэффективности.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

Где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Расчет показателя проводится в форме таблицы (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп. 2	Исп. 3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	4	3	4
2. Сложность технологии	0,25	4	3	3
3. Удобство в эксплуатации	0,20	5	4	3
4. Надежность	0,15	5	3	4
5. Энергосбережение	0,25	5	4	4
Итого:	1	4,6	3,45	3,55

Из расчетов выявлено, что текущий проект по ресурсоэффективности превосходит другие альтернативные проекты.

Выводы по разделу

В результате оценки научного исследовательского проекта была проведена оценка научного исследования с экономической точки зрения.

Коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований, показало, что создание лицевого керамического кирпича будет экономически выгодно, так как данный продукт востребован у потребителей. Анализ конкурентных технических решений также показал эффективность исследования, по сравнению с другими возможными методами.

Основное преимущество проекта – использование местного сырья, а также не очень дорогих добавок, которые будут снижать себестоимость готового изделия. Удобство в эксплуатации и надежность делают данный продукт актуальным и конкурентоспособным.

Затраты на материалы – 4450 руб., амортизационные отчисления с используемого оборудования – 475,2 руб., основная заработная плата руководителя – 91341,2 руб., лаборанта – 260763,4 руб., дополнительная заработная плата соответственно – 13701,2 и 39114,5 руб., накладные расходы – 400 руб., отчисления во внебюджетные фонды – 122285,9 руб.

Интегральный показатель ресурсоэффективности показал превосходство текущего исследования над другими возможными.